

#2

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application : BERNARD DELPERIER, ET AL.  
Application No. :  
Filed : Herewith  
For : DENSIFYING HOLLOW POROUS SUBSTRATES BY CHEMICAL  
VAPOR INFILTRATION  
Attorney's Docket : BDL-371XX

1c972 U.S. PTO  
10/024272  
12/18/01

Group Art Unit:

\*\*\*\*\*

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on \_\_\_\_\_.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

\*\*\*\*\*

PRIORITY CLAIM UNDER RULE 55

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date in France of a patent application corresponding to the above-identified application is hereby claimed under Rule 55 and 35 U.S.C. 119 in accordance with the Paris Convention for the Protection of Industrial Property. This benefit is claimed based upon a corresponding French patent application bearing serial no. 00 16615 filed December 19, 2000; a certified copy of which is attached hereto.

Respectfully submitted,

BERNARD DELPERIER, ET AL.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

WEINGARTEN, SCHURGIN,  
GAGNEBIN & LEBOVICI LLP  
Ten Post Office Square  
Boston, Massachusetts 02109  
Telephone: (617) 542-2290  
Telecopier: (617) 451-0313

Date: 12-18-1

CLG/mc/264061-1  
Enclosure

Express Mail Number

EV 009950630 US





WEINBARTEN, SCHURGIN, GAGNEBIN & LEOVICI LLP  
TEN POST OFFICE SQUARE  
BOSTON, MASSACHUSETTS 02109  
BOL-371XX



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 OCT. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
www.inpi.fr




REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

<p>REMISE DES PIÈCES DATE LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</p> <p><b>19 DEC 2000</b> <b>INPI PARIS B</b> <b>0016615</b> <b>19 DEC. 2000</b></p>		<p><b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b></p> <p>CABINET BEAU DE LOMENIE 158, rue de l'Université 75340 PARIS CEDEX 07</p>	
<p><b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> B11685/0623/JJJ</p>			
<p><b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie</p>			
<p><b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b></p>		<p><b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b></p>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
<p><b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b></p> <p>"Densification de substrats poreux creux par infiltration chimique en phase vapeur".</p>			
<p><b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b></p>		<p>Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>	
<p><b>5 DEMANDEUR</b></p>		<p><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>	
Nom ou dénomination sociale		SNECMA MOTEURS	
Prénoms			
Forme juridique		SOCIÉTÉ ANONYME	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	2, boulevard du Général Martial VALIN	
	Code postal et ville	75015	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANÇAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU <b>19 DEC 2000</b> <b>75 INPI PARIS B</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0016615</b>		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)			<b>H11685/0623/JJJ</b>		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société <b>CABINET BEAU DE LOMENIE</b>					
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse		Rue	158, rue de l'Université		
		Code postal et ville	75340	PARIS CEDEX 07	
N° de téléphone (facultatif)		01.44.18.89.00			
N° de télécopie (facultatif)		01.44.18.04.23			
Adresse électronique (facultatif)					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)			
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):			
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)			Jean Jacques JOLY CPI N° 92-1123  		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  M. MARTIN

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		H11685 / 623 JJJ	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		00 16615	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
" Densification de substrats poreux creux par infiltration chimique en phase vapeur "			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
SNECMA MOTEURS Société Anonyme 2 boulevard du Général Martial Valin 75015 PARIS			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		DELPERIER	
Prénoms		Bernard	
Adresse	Rue	6 rue Pasteur	
	Code postal et ville	33127	MARTIGNAS SUR JALLES
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		DOMBLIDE	
Prénoms		Jean-Luc	
Adresse	Rue	10 rue des Cressonnières	
	Code postal et ville	33520	BRUGES
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		RICHARD	
Prénoms		Jean-Philippe	
Adresse	Rue	2 Le Grand Thil	
	Code postal et ville	33320	LE TAILLAN MEDOC
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Paris, le 22 Février 2001  Cabinet Beau de Loménie Jean-Jacques JOLY CPI N° 92-1123	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		H11685 / 623 JJJ	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		00 16615	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
" Densification de substrats poreux creux par infiltration chimique en phase vapeur "			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
SNECMA MOTEURS Société Anonyme 2 boulevard du Général Martial Valin 75015 PARIS			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		DELAURENS	
Prénoms		Pierre	
Adresse	Rue	24 avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	33600	PESSAC
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Paris, le 22 Février 2001  Cabinet Beau de Loménie Jean-Jacques JOLY CPI N° 92-1123	



## DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDEICATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
Modifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
16			X	12/06/01	18 JUIN 2001 - F M E

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention « R M » (revendications modifiées).

5 Arrière-plan de l'invention

L'invention concerne la densification de substrats poreux creux par infiltration chimique en phase vapeur.

Un domaine particulier d'application de l'invention est la réalisation de pièces creuses en matériau composite comprenant un  
10 substrat poreux densifié par une matrice, notamment de pièces creuses en matériau composite thermostuctural.

Par substrat poreux creux, on entend ici un substrat ayant une forme creuse avec une surface interne concave pleine, c'est-à-dire exempte de trous, excepté le caractère poreux du substrat. Des exemples  
15 de formes creuses sont des formes de calottes sphériques, des formes cylindriques ou cylindro-coniques fermées à une extrémité, des formes de récipients ou de bols, des formes de coiffes, non nécessairement axisymétriques. Des exemples de pièces creuses obtenues par densification de tels substrats sont des récipients pour l'industrie chimique  
20 ou métallurgique, tels que des creusets ou des bols de support de creusets, ou des corps de protection de véhicules spatiaux, tels que des nez formant boucliers thermiques.

Par matériau composite thermostuctural, on entend ici un matériau composite qui, à la fois, présente des bonnes propriétés  
25 mécaniques, pour constituer des éléments de structure, et a la capacité de conserver ces propriétés aux températures élevées. Des exemples de matériaux composites thermostucturaux sont les matériaux composites carbone/carbone (C/C) comprenant un substrat poreux en fibres de carbone densifié par une matrice en carbone, et les matériaux composites  
30 à matrice céramique (CMC) comportant un substrat poreux réfractaire, par exemple en fibres de carbone ou de céramique, densifié par une matrice en céramique.

La densification de substrats poreux par infiltration chimique en phase vapeur est un processus bien connu. Les substrats à densifier sont  
35 placés dans une enceinte et une phase gazeuse réactive est admise dans l'enceinte où règnent des conditions de température et de pression

contrôlées telles que la phase gazeuse diffuse au sein de la porosité des substrats et y forme un dépôt solide constitutif de la matrice du matériau composite par décomposition d'un précurseur gazeux ou réaction entre plusieurs précurseurs gazeux contenus dans la phase gazeuse. Dans le cas par exemple d'une matrice en carbone, le précurseur gazeux est généralement un alcane, un alkyle ou un alcène, tel que du propane ou du méthane ou un mélange des deux. Dans le cas par exemple d'une matrice céramique en carbure de silicium, le précurseur gazeux est du méthyltrichlorosilane.

Généralement, la phase gazeuse réactive est admise à une extrémité de l'enceinte tandis que les effluents gazeux comprenant le résidu de phase gazeuse et des produits de réaction éventuels sont extraits à une autre extrémité. L'admission est avantageusement effectuée à travers une zone de préchauffage permettant d'amener la phase gazeuse à une température voisine de celle des substrats à densifier.

Plusieurs substrats peuvent être densifiés simultanément dans une même enceinte, en étant disposés de façon à être tous exposés au flux de phase gazeuse réactive admise dans l'enceinte. Le brevet US 5 904 957 de la déposante montre à cet effet une disposition particulière de substrats identiques en piles annulaires. La phase gazeuse admise est dirigée vers l'intérieur (ou l'extérieur) des piles et s'écoule à travers les substrats et des intervalles entre ceux-ci pour être reprise à l'extérieur (ou à l'intérieur) des piles.

Lorsque les substrats à densifier ont une forme creuse telle que définie plus haut, avec des parties concaves relativement profondes, et notamment lorsqu'ils sont de dimensions assez grandes, des défauts ont été observés par les inventeurs après densification par infiltration chimique en phase vapeur. Ces défauts consistent en des variations de microstructure du matériau de la matrice entre différentes parties des pièces densifiées et en la formation de suies ou d'excroissances indésirables sur les substrats.

Ces défauts pouvant être attribués à une maturation excessive de la phase gazeuse, c'est-à-dire à un temps de séjour dans l'enceinte trop long conduisant à un vieillissement de la phase gazeuse et à une altération de ses propriétés, il a été essayé d'y remédier en augmentant le

débit par accroissement des capacités de pompage des effluents gazeux hors de l'enceinte. Cela n'a toutefois pas permis d'éliminer complètement les défauts, tout en renchérissant sensiblement les coûts en raison notamment de l'augmentation de la consommation en phase gazeuse réactive.

#### Objets et résumé de l'invention

L'invention a pour but de fournir un procédé qui ne présente pas de tels inconvénients, c'est-à-dire un procédé permettant une densification relativement homogène, et exempte de défauts, de substrats de forme creuse, même de grandes dimensions.

Ce but est atteint grâce à un procédé selon lequel, conformément à l'invention, le flux de phase gazeuse réactive admise dans l'enceinte est en partie guidé jusqu'à l'intérieur du volume délimité par une face interne concave du ou de chaque substrat de forme creuse de sorte que ladite face interne concave soit en totalité parcourue par une fraction du flux total de la phase gazeuse admise.

Avantageusement, le flux de phase gazeuse réactive admise dans l'enceinte est réparti vers chaque face du ou de chaque substrat disposé dans l'enceinte. De préférence, la fraction du flux total de phase gazeuse réactive parcourant une face du ou de chaque substrat disposé dans l'enceinte est d'au moins 5 %, ou mieux encore, 10 %.

Les inventeurs ont observé que, en guidant une fraction du flux de phase gazeuse dans l'enceinte jusqu'à l'intérieur des substrats, une densification homogène est obtenue, sans formation de suies ou excroissances parasites, y compris dans les zones situées le plus au fond des formes creuses. Cela peut s'expliquer par le fait que le guidage du flux force la phase gazeuse à s'écouler le long de la totalité des faces concaves internes des substrats, sans former des poches de stagnation ou zones tourbillonnaires dans lesquelles une maturation excessive de la phase gazeuse pourrait se produire.

Le guidage d'une partie du flux de phase gazeuse peut être assuré par une partie de paroi qui pénètre partiellement à l'intérieur du volume délimité par la face interne concave du ou de chaque substrat, par exemple une partie de paroi cylindrique qui s'étend jusqu'au voisinage du fond du ou de chaque substrat.

Avantageusement, plusieurs substrats de forme creuse peuvent être densifiés simultanément dans l'enceinte en étant disposés de façon alignée avec la direction générale d'écoulement du flux de phase gazeuse à travers l'enceinte. Le flux de phase gazeuse admise dans  
 5 l'enceinte est alors réparti de façon appropriée pour alimenter chaque face des substrats par une fraction de ce flux.

L'invention a aussi pour but de fournir une installation de densification par infiltration chimique en phase vapeur qui permette la mise en oeuvre du procédé ci-dessus défini en étant adaptée à la  
 10 densification de substrats de forme creuse.

Ce but est atteint avec une installation du type comprenant une enceinte ayant une paroi latérale et une première et une deuxième paroi d'extrémité opposées l'une à l'autre, des moyens d'admission d'une phase gazeuse réactive débouchant dans l'enceinte à travers la première paroi  
 15 d'extrémité, des moyens d'évacuation d'effluents gazeux s'ouvrant dans l'enceinte à travers la deuxième paroi d'extrémité, et au moins un plateau de support de substrat à densifier, installation comprenant des moyens de répartition et guidage de flux gazeux pour amener une fraction de flux de phase gazeuse admise jusqu'à l'emplacement de chaque substrat dans  
 20 l'enceinte et guider une partie du flux de phase gazeuse amené à cet emplacement jusqu'à l'intérieur d'un volume délimité par une face interne concave d'un substrat disposé en cet emplacement.

Les moyens de guidage de flux peuvent comporter une partie de paroi cylindrique ou un corps présentant une pluralité de passages traversants, la partie de paroi ou le corps étant disposé de manière à  
 25 pénétrer au moins en partie dans ledit volume du substrat.

Les moyens de répartition de flux peuvent comprendre un ou plusieurs plateaux qui sont disposés transversalement dans l'enceinte et qui définissent des passages de répartition de flux formés par des  
 30 ouvertures réalisées à travers les plateaux et des espaces ménagés entre les plateaux et une paroi latérale de l'enceinte.

#### Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description  
 35 faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue très schématique partielle en élévation et en coupe d'une installation d'infiltration chimique en phase vapeur selon un premier mode de mise en oeuvre de l'invention ;

5       - la figure 2 est une demi-vue en coupe de dessus selon le plan II-II de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue très schématique partielle en élévation et en coupe d'une installation d'infiltration chimique en phase vapeur selon un deuxième mode de mise en oeuvre de l'invention ;

10       - la figure 4 est une demi-vue en coupe de dessus selon le plan IV-IV de la figure 3 ;

- la figure 5 est une vue très schématique partielle en élévation et en coupe selon les plans V-V de la figure 6 d'une installation d'infiltration chimique en phase vapeur selon un troisième mode de mise en oeuvre de l'invention ;

15       - la figure 6 est une vue en coupe de dessus selon le plan VI-VI de la figure 5 ;

- la figure 7 est une vue très schématique partielle en élévation et en coupe d'une installation d'infiltration chimique en phase vapeur selon un quatrième mode de mise en oeuvre de l'invention ;

20       - la figure 8 est une vue partielle en coupe montrant une variante de réalisation d'un outillage de guidage du flux de phase gazeuse réactive vers la face interne concave d'un substrat ;

25       - la figure 9 est une photographie montrant l'aspect général de surface d'une face concave de substrat densifié avec le procédé conforme à l'invention ;

- la figure 10 est une photographie obtenue en microscopie optique montrant une fraction de surface de la face concave du substrat densifié de la figure 9 ;

30       - la figure 11 est une vue très schématique d'une installation d'infiltration chimique en phase vapeur selon l'art antérieur ; et

- les figures 12 et 13 sont des photographies obtenues en microscopie optique montrant l'état de surface d'échantillons, après densification au moyen de l'installation de la figure 11.

### Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

Les figures 1 et 2 montrent schématiquement une enceinte 10 constituant une chambre de réaction d'une installation d'infiltration chimique en phase vapeur.

5 L'enceinte 10 a, dans l'exemple illustré, une forme générale cylindrique d'axe vertical. Une phase gazeuse réactive est introduite dans l'enceinte par une canalisation 12 qui débouche par exemple au centre de la paroi de fond 10a de l'enceinte 10. Les effluents gazeux sont extraits de l'enceinte par une conduite 14 qui débouche au centre de la paroi supérieure 10b formant couvercle opposé au fond 10a. La conduite 14 est  
10 reliée à un dispositif de pompage (non représenté).

Dans la partie inférieure de l'enceinte, la phase gazeuse traverse une zone de préchauffage 16 constituée par exemple de plateaux perforés horizontaux 18 qui sont disposés les uns au-dessus des autres. Les plateaux 18 sont supportés par le fond 10a de l'enceinte au  
15 moyen de pieds et entretoises.

La zone de préchauffage est séparée de la chambre de réaction proprement dite par un plateau diffuseur horizontal 20 qui occupe sensiblement toute la section de l'enceinte 10. Le plateau diffuseur 20 est  
20 perforé et repose sur le fond 10a de l'enceinte par l'intermédiaire de pieds.

Les éléments ci-dessus de la zone de préchauffage sont en matériau réfractaire, par exemple en graphite.

Le chauffage à l'intérieur de l'enceinte est produit par un susceptible (ou induit) en graphite couplé électromagnétiquement avec un inducteur (non représenté) situé à l'extérieur de l'enceinte. Le susceptible constitue la paroi latérale 10c de l'enceinte 10. Le fond 10a et le couvercle 10b sont également en graphite.  
25

Une installation telle que brièvement décrite ci-avant est d'un type bien connu.

30 Dans l'exemple illustré par la figure 1, plusieurs substrats de forme creuse sont disposés dans l'enceinte 10 pour être densifiés simultanément, en l'espèce trois substrats  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ . Les substrats représentés ont une forme de bol. Il peut s'agir par exemple d'une préforme de bol en matériau composite C/C destiné à recevoir un creuset  
35 contenant du silicium liquide dans une installation de tirage de lingots de silicium monocristallin par le procédé Czochralski, ou procédé "CZ". De

tels bols peuvent avoir un diamètre atteignant, voire dépassant 850 mm. Le substrat ou préforme du bol est réalisé en fibres de carbone, par bobinage filamenteux ou drapage de strates fibreuses. Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à la densification de tels substrats et vise la  
 5 densification de tous substrats de forme creuse tels que définis en tête de la présente description.

Les substrats sont disposés l'un au-dessus de l'autre, en étant alignés dans la direction générale verticale d'écoulement du flux de phase gazeuse dans l'enceinte, avec leurs faces creuses concaves tournées  
 10 vers le bas.

Chaque substrat  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  repose sur un plateau support respectif  $22_1$ ,  $22_2$ ,  $22_3$  avec interposition de cales 24 entre le bord des substrats et les faces supérieures des plateaux. Le plateau support  $22_1$  repose par des entretoises  $26_1$  sur le plateau diffuseur 20, tandis que les  
 15 plateaux  $22_2$  et  $22_3$  reposent sur les plateaux  $22_1$  et  $22_2$  par l'intermédiaire d'entretoises  $26_2$ ,  $26_3$ .

Les cales 24 ménagent entre elles des intervalles permettant la circulation de gaz. Elles peuvent avoir une forme générale de secteur d'anneau et s'engager par leur base dans une rainure annulaire formée  
 20 dans la face supérieure du plateau support. Chaque cale 24 peut présenter un rebord externe annulaire  $24_a$  sur lequel le rebord du substrat vient en appui par son contour extérieur. Les cales 24 agissent alors comme conformateurs en empêchant une déformation par expansion des substrats. Les cales 24 pourraient également comporter un rebord interne.

25 Les plateaux supports, les cales et les entretoises supportant les plateaux sont en un matériau réfractaire, par exemple un métal réfractaire ou du graphite.

Les plateaux supports  $22_1$ ,  $22_2$  et  $22_3$  ont également une fonction de répartiteurs du flux de la phase gazeuse admise dans  
 30 l'enceinte et issue de la zone de préchauffage. A cet effet, les plateaux sont en un matériau étanche au gaz, présentent un orifice respectivement  $28_1$ ,  $28_2$ ,  $28_3$  en leur centre et ménagent à leur périphérie un espace annulaire respectif  $30_1$ ,  $30_2$ ,  $30_3$  avec la paroi latérale  $10_c$  de l'enceinte.

Les orifices  $28_1$ ,  $28_2$ ,  $28_3$  et les passages définis par les  
 35 espaces annulaires  $30_1$ ,  $30_2$ ,  $30_3$  répartissent le flux de la phase gazeuse de sorte qu'une fraction de la phase gazeuse fraîche admise dans



l'enceinte parvienne à chaque emplacement d'un substrat dans l'enceinte et sur chaque face d'un substrat disposé en cet emplacement. Cette fraction est d'au moins 5 %, de préférence au moins 10 % en volume.

Dans l'exemple illustré, chacune des faces interne et externe  
 5 des substrats  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_3$  reçoit par conséquent de préférence au moins 10 %, et mieux encore environ  $1/6^{\text{ème}}$  du flux de phase gazeuse fraîche admise dans l'enceinte. Le passage  $30_1$  reçoit le complément du flux total de phase gazeuse admise par rapport à ce qui est reçu par la face interne du substrat  $S_1$  via l'orifice  $28_1$ . Le passage  $30_2$  reçoit le complément du  
 10 flux de phase gazeuse admise ayant traversé le passage  $30_1$ , par rapport à ce qui est reçu par la face externe du substrat  $S_1$  et ce qui est reçu par la face interne du substrat  $S_2$  via l'orifice  $28_2$ . Le passage  $30_3$  reçoit le complément du flux de phase gazeuse admise ayant traversé le passage  $30_2$ , par rapport à ce qui est reçu par la face externe du substrat  $S_2$  et ce  
 15 qui est reçu par la face interne du substrat  $S_3$  via l'orifice  $28_3$ . Cette fraction restante du flux de phase gazeuse admise passant à travers le passage  $30_3$  alimente la face externe du substrat  $S_3$ .

Chaque fraction de flux de phase gazeuse passant à travers un orifice  $28_1$ ,  $28_2$ ,  $28_3$  est guidée vers la face interne du fond du substrat  
 20 correspondant au moyen d'une paroi de guidage respective  $32_1$ ,  $32_2$ ,  $32_3$ , prévue à chaque emplacement d'un substrat dans l'enceinte.

Chacune de ces parois de guidage a une forme cylindrique, ou de tronçon de canalisation, qui se raccorde à un orifice respectif  $28_1$ ,  $28_2$ ,  $28_3$  et fait saillie au-dessus du plateau de support correspondant, à  
 25 l'intérieur du volume délimité par le substrat. Chaque paroi de guidage amène ainsi une fraction de flux directement au voisinage de la région de fond du substrat correspondant. Chaque paroi de guidage s'interrompt à une distance de la surface interne du substrat correspondant telle qu'un intervalle annulaire est ménagé avec celle-ci offrant une section de  
 30 passage au moins égale à celle de l'orifice formé dans le plateau de support.

Grâce aux parois de guidage  $32_1$ ,  $32_2$ ,  $32_3$ , on force une fraction du flux de phase gazeuse admise à lécher intégralement les faces  
 35 internes des substrats  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  et à s'écouler le long de celles-ci sans laisser de volume mort et sans créer de tourbillons. On peut ainsi garantir que le temps de séjour de la phase gazeuse reste en tout point inférieur à

une valeur limite au-delà de laquelle la maturation de la phase gazeuse peut devenir excessive et entraîner la formation de dépôts parasites. En règle générale, le temps de séjour total de la phase gazeuse dans l'enceinte, c'est-à-dire le temps s'écoulant entre son admission et son évacuation doit rester limité. Dans le cas d'une matrice carbone, le temps de séjour est par exemple généralement contrôlé pour rester inférieur à 2 s, typiquement compris entre 1 s et 1,5 s.

Les parties résiduelles des fractions de flux de phase gazeuse ayant parcouru les faces internes des substrats sont évacuées après avoir traversé les espaces entre les cales 24. L'ensemble des effluents gazeux est réuni à la partie supérieure de l'enceinte pour être évacué par la conduite 14.

Bien que l'on ait envisagé la densification simultanée de trois substrats, le nombre de substrats présents dans l'enceinte pourra bien sûr être différent de trois, voire unique, tout en ménageant la possibilité de répartir le flux de phase gazeuse pour qu'une fraction significative alimente chaque face des substrats.

On pourra aussi densifier plusieurs ensembles de substrats disposés côte à côte dans une enceinte, chaque ensemble comprenant un ou plusieurs substrats alignés dans la direction générale d'écoulement de la phase gazeuse. Plusieurs orifices d'admission de la phase gazeuse dans l'enceinte, plusieurs orifices d'évacuation d'effluents gazeux hors de l'enceinte et plusieurs zones de préchauffage pourront alors être prévus, chacun au droit d'un ensemble de substrats et de plateaux de support.

En outre, des substrats de formes creuses différentes ou de différentes dimensions pourront être densifiés simultanément dans une même enceinte, en adaptant éventuellement les formes et dimensions des moyens de guidage de flux vers l'intérieur des substrats. On pourra aussi disposer dans l'enceinte d'autres substrats de forme non creuse, ou de forme creuse non prononcée qui ne nécessitent pas de moyens spécifiques de guidage de flux.

Les figures 3 et 4 illustrent une autre variante de mise en oeuvre de l'invention. L'installation des figures 3 et 4 se distingue de celle des figures 1 et 2 en ce que les plateaux supports 122<sub>1</sub>, 122<sub>2</sub>, 122<sub>3</sub> ne reposent pas sur des entretoises mais sur des taquets ou pions 126<sub>1</sub>,

126<sub>2</sub>, 126<sub>3</sub> engagés dans la paroi latérale 10<sub>c</sub> de l'enceinte, à la manière d'étagères.

Les plateaux supports peuvent alors occuper la quasi-totalité de la section de l'enceinte 10.

5 Comme dans le mode de réalisation des figures 1 et 2, chaque plateau support présente un orifice central 128<sub>1</sub>, 128<sub>2</sub>, 128<sub>3</sub> auquel se raccorde une paroi cylindrique de guidage de flux 132<sub>1</sub>, 132<sub>2</sub>, 132<sub>3</sub>.

10 Des lumières 130<sub>1</sub>, 130<sub>2</sub>, 130<sub>3</sub> sont pratiquées dans les plateaux le long d'une zone annulaire de ceux-ci, à l'extérieur de l'aplomb des bords des substrats S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, afin d'offrir des passages directs à des fractions de flux de phase gazeuse admis dans l'enceinte à travers les plans des plateaux, de la même manière que les passages 30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub>, 30<sub>3</sub> des figures 1 et 2.

15 Les figures 5 et 6 illustrent encore une autre variante de mise en oeuvre de l'invention. L'installation des figures 5 et 6 se distingue de celle des figures 3 et 4 en ce que chaque plateau support porte une pluralité de substrats, en l'espèce trois substrats tels que les substrats S<sub>3</sub>, S'<sub>3</sub>, S''<sub>3</sub> pour le plateau 222<sub>3</sub>.

20 Chaque plateau, par exemple le plateau 222<sub>3</sub>, comporte plusieurs orifices 228<sub>3</sub>, 228'<sub>3</sub> et 228''<sub>3</sub> pour diriger une fraction de flux de phase gazeuse vers chaque face concave interne des substrats supportés par le plateau. Une paroi de guidage cylindrique respective 232<sub>3</sub>, 232'<sub>3</sub>, 232''<sub>3</sub> se raccorde à chaque orifice et fait projection à l'intérieur du volume délimité par le substrat correspondant afin de guider la fraction de flux  
25 jusqu'au voisinage du fond du substrat. Des lumières 230<sub>3</sub> sont formées dans le plateau 222<sub>3</sub> autour des emplacements des substrats S<sub>3</sub>, S'<sub>3</sub>, S''<sub>3</sub> afin de permettre un franchissement direct du plan du plateau 222<sub>3</sub> par une partie du flux de phase gazeuse admise dans l'enceinte, autour de chaque substrat.

30 Les plateaux 222<sub>1</sub> et 222<sub>2</sub> sont réalisés de la même façon que le plateau 222<sub>3</sub> avec des orifices tels que 228<sub>1</sub>, 228'<sub>1</sub>, 228<sub>2</sub> et 228'<sub>2</sub> auxquels se raccordent des parois de guidage 232<sub>1</sub>, 232'<sub>1</sub>, et 232<sub>2</sub>, 232'<sub>2</sub>, et avec des lumières 230<sub>1</sub> et 230<sub>2</sub>.

35 Les dimensions des orifices et lumières formés dans les plateaux support sont choisies pour assurer la répartition désirée du flux

de phase gazeuse fraîche admise dans l'enceinte 10 vers les faces des substrats.

Plusieurs conduites d'évacuation d'effluents gazeux 214, 214', 214" sont de préférence prévues qui sont réunies à l'extérieur de l'enceinte et s'ouvrent dans celles-ci en regard des sommets des substrats disposés sur le plateau supérieur, afin d'assurer un parcours complet des faces extérieures de ces substrats par du flux de phase gazeuse.

Dans les modes de réalisation décrits ci-avant, les substrats sont disposés dans l'enceinte d'infiltration avec leurs faces internes concaves dirigées vers le bas, c'est-à-dire dirigées à l'encontre du sens général d'écoulement du flux de phase gazeuse réactive dans l'enceinte.

Une disposition inversée des substrats pourra être adoptée, comme montré par la figure 8.

Le mode de réalisation de la figure 8 se distingue de celui de la figure 1, notamment en ce que les substrats  $S_1$ ,  $S_2$  sont disposés dans l'enceinte 10 avec leurs faces internes concaves dirigées vers le haut.

Chaque substrat  $S_1$ ,  $S_2$  repose par la face externe de son fond sur une pluralité de (au moins trois) cales ou plots 324<sub>1</sub>, 324<sub>2</sub>. Les plots 324<sub>1</sub> sont supportés par un plateau 316 assurant des fonctions de préchauffage et diffusion de la phase gazeuse admise dans l'enceinte par la canalisation 12 débouchant au fond de l'enceinte, l'orifice d'entrée de la phase gazeuse étant surmonté d'un chapeau 318 de répartition de flux.

Les plots 324<sub>2</sub> sont fixés sur un plateau support respectif 322<sub>1</sub> qui repose sur le plateau diffuseur 316 par l'intermédiaire d'entretoises 326<sub>2</sub>.

Le plateau support 322<sub>1</sub> présente une large ouverture centrale 328<sub>1</sub> tout en ménageant à sa périphérie un espace annulaire 330<sub>1</sub> avec la paroi latérale 10c de l'enceinte.

En outre, le plateau 322<sub>1</sub> surmonte le substrat  $S_1$  en ménageant un espace annulaire 331<sub>1</sub> avec le bord supérieur du substrat.

Un plateau supérieur 322<sub>2</sub> supporté par des entretoises 326<sub>2</sub> est disposé au-dessus du substrat  $S_2$  de la même manière que le plateau 322<sub>1</sub> par rapport au substrat  $S_1$ . Le plateau 322<sub>2</sub> présente une large ouverture centrale 328<sub>2</sub> et ménage un espace annulaire 330<sub>2</sub> avec la paroi latérale de l'enceinte et un espace annulaire 331<sub>2</sub> avec le bord supérieur du substrat  $S_2$ .

Le flux de phase gazeuse admise dans l'enceinte est réparti à travers les espaces 330<sub>1</sub>, 330<sub>2</sub> et 331<sub>2</sub> de manière à ce qu'une fraction de ce flux alimente chaque face des substrats.

La fraction de flux passant à travers les espaces 331<sub>1</sub>, 331<sub>2</sub> est guidée vers la face interne concave des substrats S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> au moyen de parois de guidage respectives 332<sub>1</sub>, 332<sub>2</sub>. Les parois de guidage ont par exemple une forme de cylindre, ou de tronçon de canalisation, qui sont supportées par les plateaux 322<sub>1</sub>, 322<sub>2</sub> en se raccordant à leur partie supérieure aux bords des ouvertures 328<sub>1</sub>, 328<sub>2</sub>. Chaque paroi de guidage pénètre sur une certaine distance dans la partie interne d'un substrat respectif pour amener le flux admis à la périphérie à se diriger vers le fond du substrat avant de s'écouler vers le haut à travers la canalisation définie par la paroi de guidage (voir flèches sur la figure 7).

La phase gazeuse résiduelle s'écoulant à travers l'ouverture 328<sub>2</sub> du plateau supérieure est évacuée par la conduite 24 qui débouche à travers le couvercle 10b de l'enceinte.

Les parois de guidage 332<sub>1</sub>, 332<sub>2</sub> forcent ainsi une fraction du flux de phase gazeuse admise à lécher les faces internes des substrats S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et à s'écouler le long de celles-ci sans laisser de volume mort et sans créer de tourbillons.

Bien que le mode de réalisation de la figure 7 montre seulement deux emplacements de substrats, le nombre de ces emplacements pourra bien entendu être supérieur à deux, en disposant plus de deux substrats les uns au-dessus des autres ou en formant plusieurs ensembles juxtaposés de substrats disposés les uns au-dessus des autres comme dans le cas de la figure 5.

Dans ce qui précède, il a été envisagé de réaliser l'outillage de guidage de flux de phase gazeuse au moyen de parois. D'autres formes de réalisation peuvent être adoptées, comme illustré par la figure 8.

Sur cette figure, il a été représenté seulement un substrat S<sub>1</sub> supporté par un plateau 422<sub>1</sub> par l'intermédiaire de plots ou cales 424<sub>1</sub>. Le substrat S<sub>1</sub> est disposé avec sa face interne concave dirigée vers le bas et repose par son bord sur les cales 424<sub>1</sub>. Un flux de phase gazeuse s'écoule dans un espace annulaire 430, autour du substrat S<sub>1</sub> et à travers le plateau 422<sub>1</sub> pour alimenter la face interne du substrat S<sub>1</sub>.

Le plateau 422<sub>1</sub>, dans sa partie située en regard de la face interne du substrat S<sub>1</sub>, présente une pluralité de passages, ou perforations 423<sub>1</sub>, et supporte un outillage de guidage 432<sub>1</sub>.

L'outillage 432<sub>1</sub> est un bloc, par exemple en graphite, ayant une  
 5 forme semblable et complémentaire à celle du volume interne du substrat S<sub>1</sub>, mais de dimension plus faible afin de ménager un espace entre la face externe du bloc et la face interne du substrat. Le bloc est percé d'une multitude de passages 433<sub>1</sub> qui amène la phase gazeuse traversant le plateau 422<sub>1</sub> jusqu'au voisinage de la face interne du substrat, de sorte  
 10 que cette face interne soit parcourue par le flux de phase gazeuse sans laisser de volumes morts.

Bien que l'on ait décrit ci-avant des modes de réalisation avec une circulation générale de la phase gazeuse du bas vers le haut de l'enceinte, une disposition inversée pourra être adoptée, avec circulation  
 15 de la phase gazeuse du haut vers le bas, la zone de préchauffage étant alors disposée dans la partie supérieure de l'enceinte.

En outre, le procédé selon l'invention peut bien entendu être mis en oeuvre sur des substrats de dimensions différentes logés simultanément dans l'enceinte.

20

### Exemple

Des substrats constitués par des préformes de bol ont été densifiés au moyen d'une installation telle que montrée par la figure 7. Les substrats étaient formés de strates bidimensionnelles en fibres de  
 25 carbone drapées sur une forme et consolidées par imprégnation par une résine suivie de polymérisation et carbonisation de la résine.

La densification des substrats par une matrice de carbone pyrolytique a été réalisée en admettant dans l'enceinte une phase gazeuse comprenant du gaz naturel, ou méthane, en tant que précurseur  
 30 gazeux du carbone pyrolytique.

La température et la pression dans l'enceinte ont été maintenues sensiblement constantes pendant le processus de densification, à des valeurs égales à environ 1000°C et 1,5 kPa.

En fin de densification, aucune excroissance ou formation de  
 35 suie n'a été notée. La face interne des bols en matériau composite C/C obtenus présente un bel aspect, comme le montre les figures 9 et 10, la

figure 10 étant une image obtenue en microscopie optique, avec grossissement 440, d'une fraction de surface du fond d'un bol après densification.

A titre comparatif, le même processus de densification a été  
 5 réalisé sur des préformes similaires, mais en omettant les parois de guidage de flux 332<sub>1</sub> et 332<sub>2</sub> et les ouvertures centrales 328<sub>1</sub> et 328<sub>2</sub> des plateaux 322<sub>1</sub> et 322<sub>2</sub>, comme montré sur la figure 11. Les substrats S'<sub>1</sub> et S'<sub>2</sub> reposent sur le plateau de préchauffage 316 et sur un plateau plein 332'<sub>1</sub> par l'intermédiaire de cales 324'<sub>1</sub>, 324'<sub>2</sub> analogues aux cales 324<sub>1</sub>,  
 10 324<sub>2</sub> de la figure 7. Des échantillons E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> en un même matériau que celui des substrats sont placés respectivement au fond du substrat S'<sub>2</sub> et à côté de celui-ci, sur le plateau 322<sub>1</sub>. Les figures 12 et 13 sont des images obtenues en microscopie optique avec grossissement 440, en lumière polarisée, à la surface des échantillons E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, après densification.  
 15 La présence de nombreuses excroissances et suies, à la surface de l'échantillon E<sub>1</sub> est manifeste, en dépit de l'amélioration apportée par la présence des plateaux par rapport à une situation où les substrats sont placés sans précaution particulière sur des supports quelconque. En effet, les plateaux, bien que ne présentant pas d'ouverture centrale et ne  
 20 supportant pas d'outillage de guidage de flux réalisent tout de même une répartition du flux de phase gazeuse par les espaces 330'<sub>1</sub>, 330'<sub>2</sub> et 331'<sub>2</sub>.

En comparaison, les figures 10 et 13 ne révèlent pas d'excroissances et suies telles que celles visibles sur la figure 12, confirment que le procédé conforme à l'invention permet d'obtenir, au fond  
 25 de parties creuses de substrat, une même qualité que sur des substrats ne présentant pas de parties creuses.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de densification de substrats poreux de forme creuse par infiltration chimique en phase vapeur, comprenant la disposition d'au moins un substrat dans une enceinte et l'admission dans l'enceinte d'une phase gazeuse réactive, caractérisé en ce que le flux de phase gazeuse réactive admise dans l'enceinte est en partie guidé jusqu'à l'intérieur du volume délimité par une face interne concave du ou de chaque substrat de forme creuse de sorte que ladite face interne concave soit en totalité parcourue par une fraction du flux total de la phase gazeuse admise.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le flux de phase gazeuse réactive admise dans l'enceinte est réparti vers chaque face du ou de chaque substrat disposé dans l'enceinte.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la fraction du flux total de phase gazeuse réactive parcourant une face du ou de chaque substrat disposé dans l'enceinte est d'au moins 5 %.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la fraction du flux total de phase gazeuse réactive parcourant une face du ou de chaque substrat disposé dans l'enceinte est d'au moins 10 %.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on densifie simultanément plusieurs substrats disposés dans l'enceinte en étant alignés dans la direction générale d'écoulement du flux de phase gazeuse à travers l'enceinte.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le guidage d'une partie du flux de phase gazeuse est assuré par une partie de paroi qui pénètre partiellement à l'intérieur du volume délimité par la face interne concave du ou de chaque substrat.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le flux de phase gazeuse est en partie guidé par une partie de paroi cylindrique jusqu'au voisinage du fond du ou de chaque substrat.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le guidage d'une partie de flux de phase gazeuse



est assuré par des passages formés à travers un corps logé à l'intérieur du volume délimité par la face interne concave du ou de chaque substrat.

- 5 9. Installation pour la densification de substrats poreux de forme creuse par infiltration chimique en phase vapeur, comprenant une enceinte ayant une paroi latérale et une première et une deuxième paroi d'extrémité opposées l'une à l'autre, des moyens d'admission d'une phase gazeuse réactive débouchant dans l'enceinte à travers la première paroi d'extrémité, des moyens d'évacuation d'effluents gazeux s'ouvrant dans l'enceinte à travers la deuxième paroi d'extrémité, et au moins un plateau de support de substrat à densifier,
- 10 installation caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de répartition et guidage de flux gazeux pour amener une fraction de flux de phase gazeuse admise jusqu'à l'emplacement de chaque substrat dans l'enceinte et guider une partie du flux de phase gazeuse amené à cet
- 15 emplacement jusqu'à l'intérieur d'un volume délimité par une face interne concave d'un substrat disposé en cet emplacement.

10. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que les moyens de guidage de flux sont constitués par une partie de paroi cylindrique disposée de manière à pénétrer au moins en partie dans ledit
- 20 volume du substrat.

11. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que les moyens de guidage de flux comportent un corps présentant une pluralité de passages traversants et disposé de manière à pénétrer au moins en partie dans ledit volume du substrat.

- 25 12. Installation selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisée en ce que les moyens de répartition de flux comprennent un ou plusieurs plateaux qui sont disposés transversalement dans l'enceinte et qui définissent des passages de répartition de flux formés par des ouvertures réalisées à travers les plateaux et des espaces ménagés
- 30 entre les plateaux et par un paroi latérale de l'enceinte.

est assuré par des passages formés à travers un corps logé à l'intérieur du volume délimité par la face interne concave du ou de chaque substrat.

- 5 9. Installation pour la densification de substrats poreux de forme creuse par infiltration chimique en phase vapeur, comprenant une enceinte ayant une paroi latérale et une première et une deuxième paroi d'extrémité opposées l'une à l'autre, des moyens d'admission d'une phase gazeuse réactive débouchant dans l'enceinte à travers la première paroi d'extrémité, des moyens d'évacuation d'effluents gazeux s'ouvrant dans l'enceinte à travers la deuxième paroi d'extrémité, et au moins un plateau
- 10 de support de substrat à densifier, installation caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de répartition et guidage de flux gazeux pour amener une fraction de flux de phase gazeuse admise jusqu'à l'emplacement de chaque substrat dans l'enceinte et guider une partie du flux de phase gazeuse amené à cet
- 15 emplacement jusqu'à l'intérieur d'un volume délimité par une face interne concave d'un substrat disposé en cet emplacement.

10. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que les moyens de guidage de flux sont constitués par une partie de paroi cylindrique disposée de manière à pénétrer au moins en partie dans ledit
- 20 volume du substrat.

11. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que les moyens de guidage de flux comportent un corps présentant une pluralité de passages traversants et disposé de manière à pénétrer au moins en partie dans ledit volume du substrat.

- 25 12. Installation selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisée en ce que les moyens de répartition de flux comprennent un ou plusieurs plateaux qui sont disposés transversalement dans l'enceinte et qui définissent des passages de répartition de flux formés par des ouvertures réalisées à travers les plateaux et des espaces ménagés
- 30 entre les plateaux et une paroi latérale de l'enceinte.

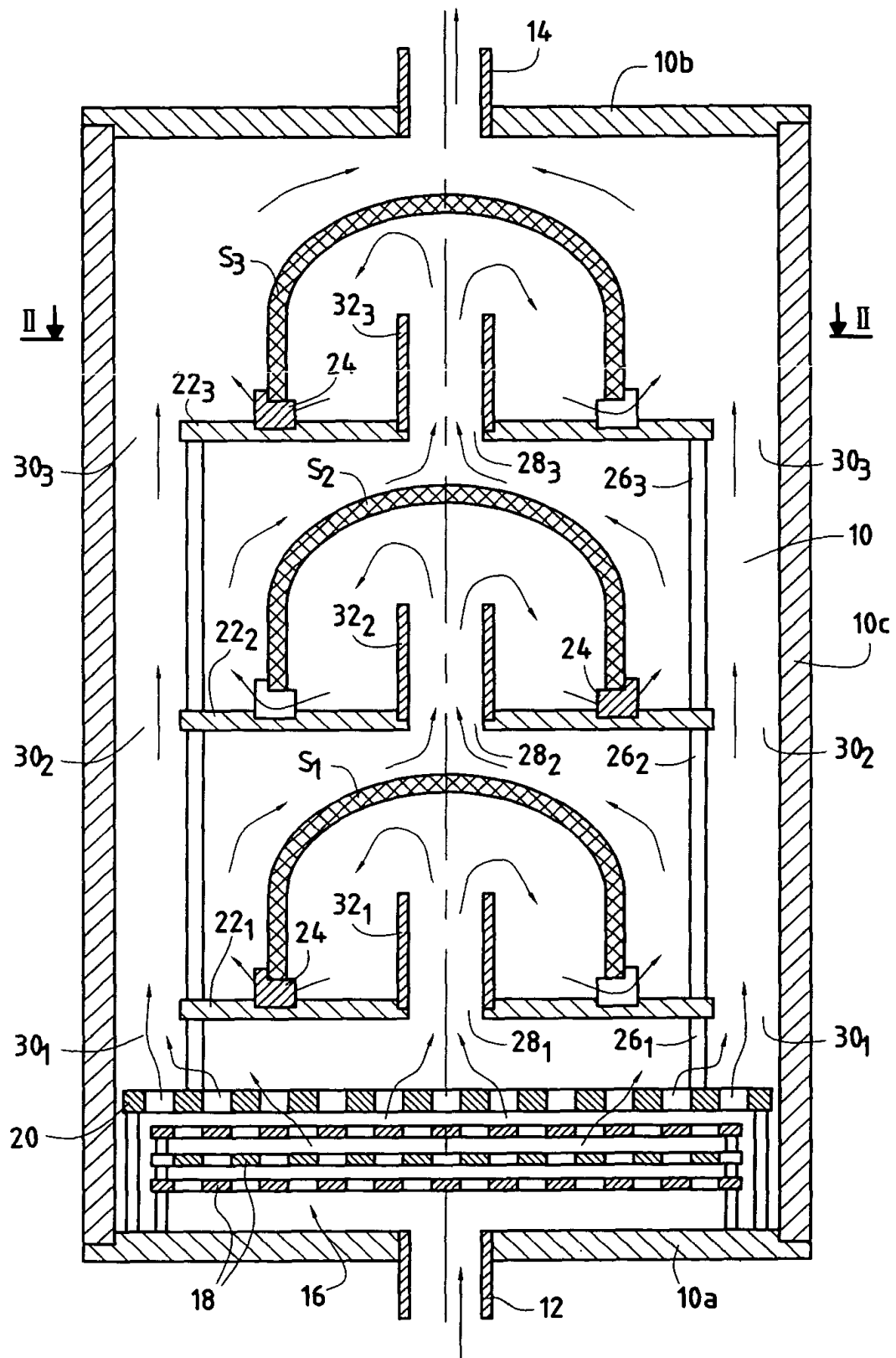


FIG. 1

FIG.2

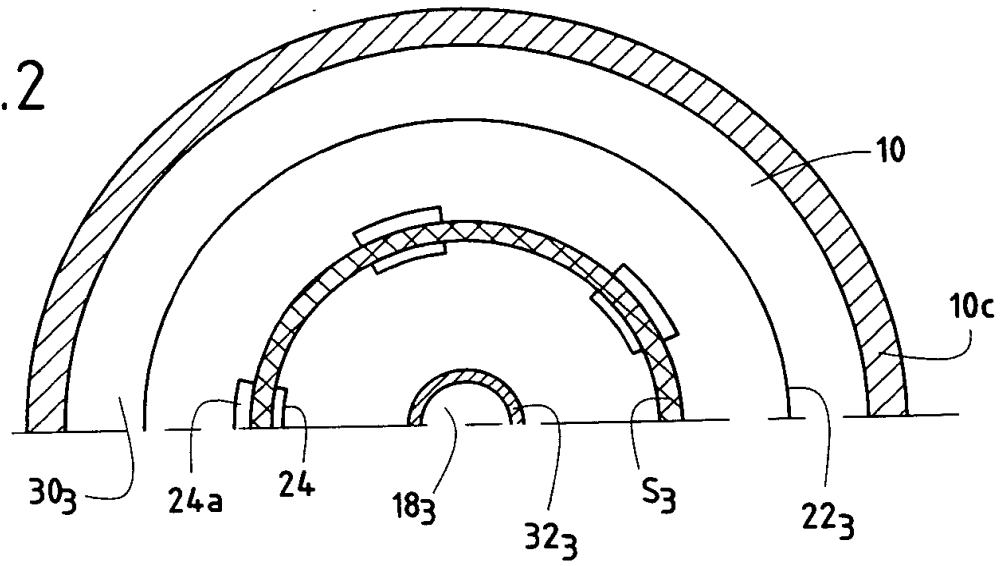


FIG.4

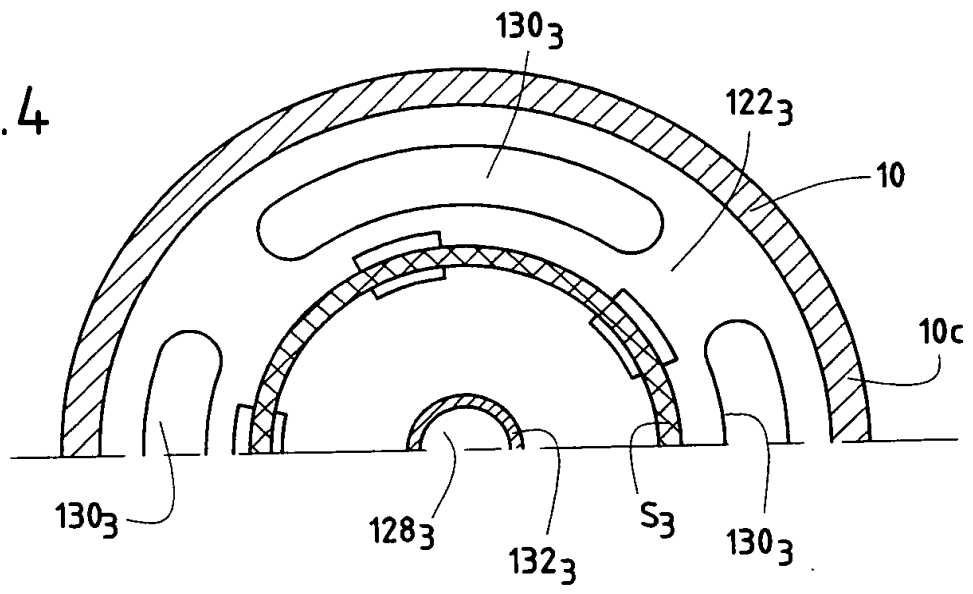


FIG.3

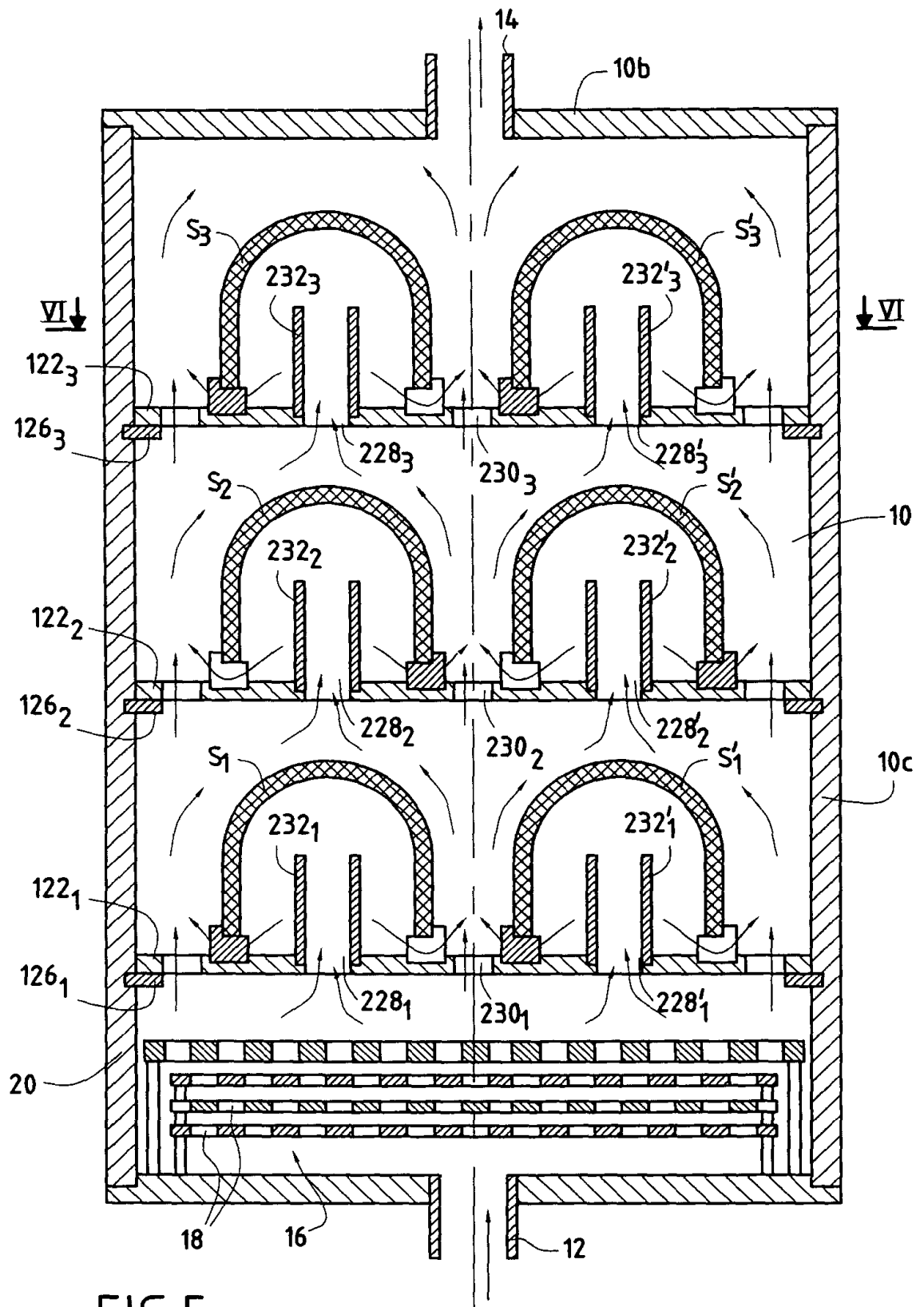


FIG. 5

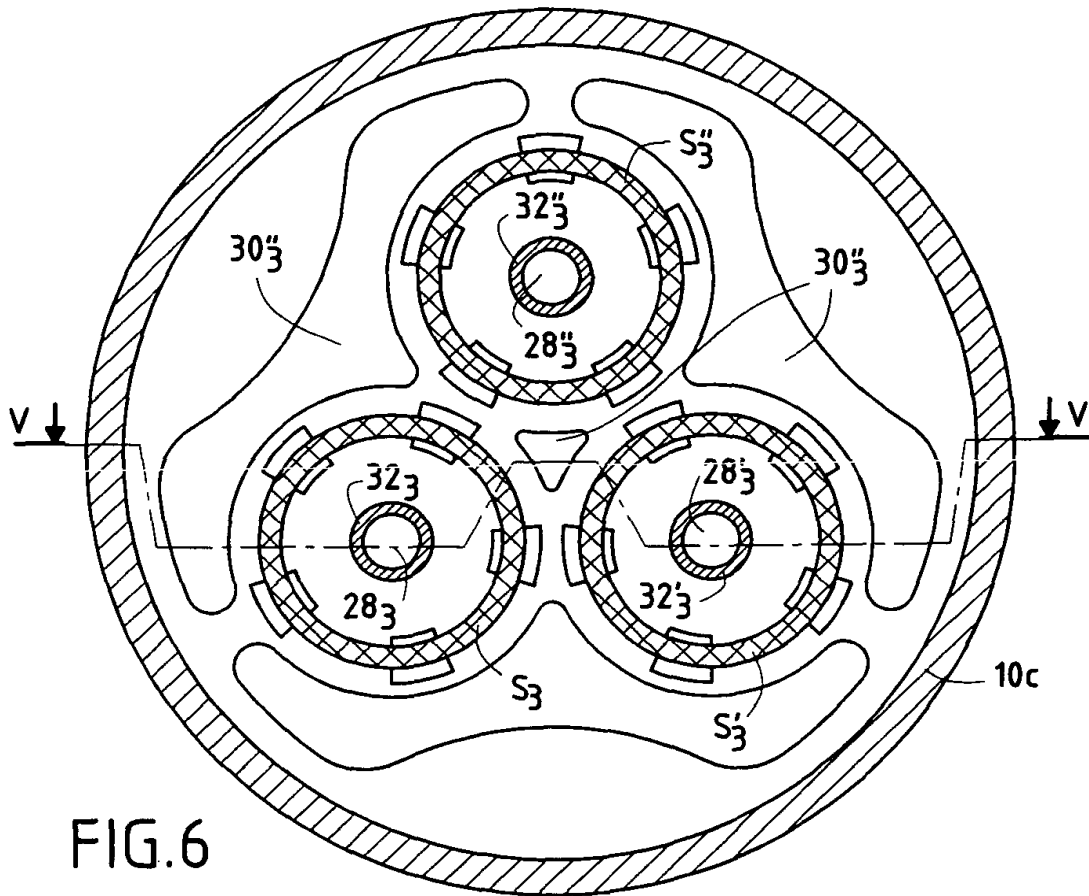


FIG. 6

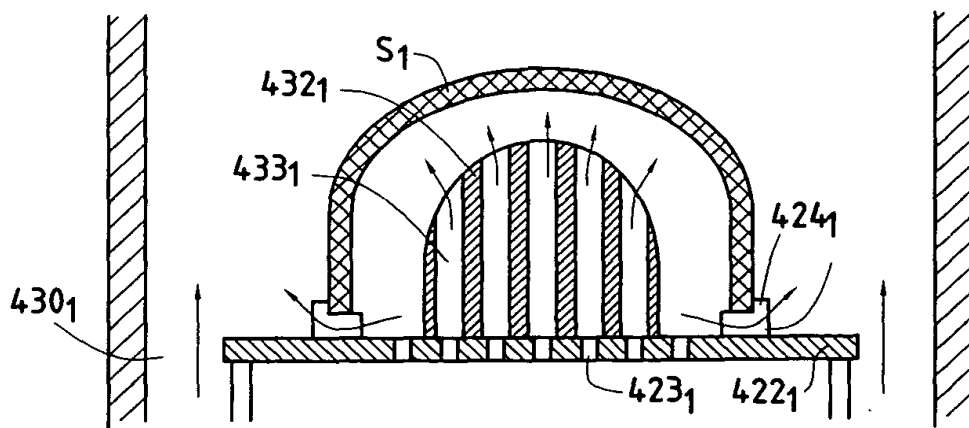


FIG. 8

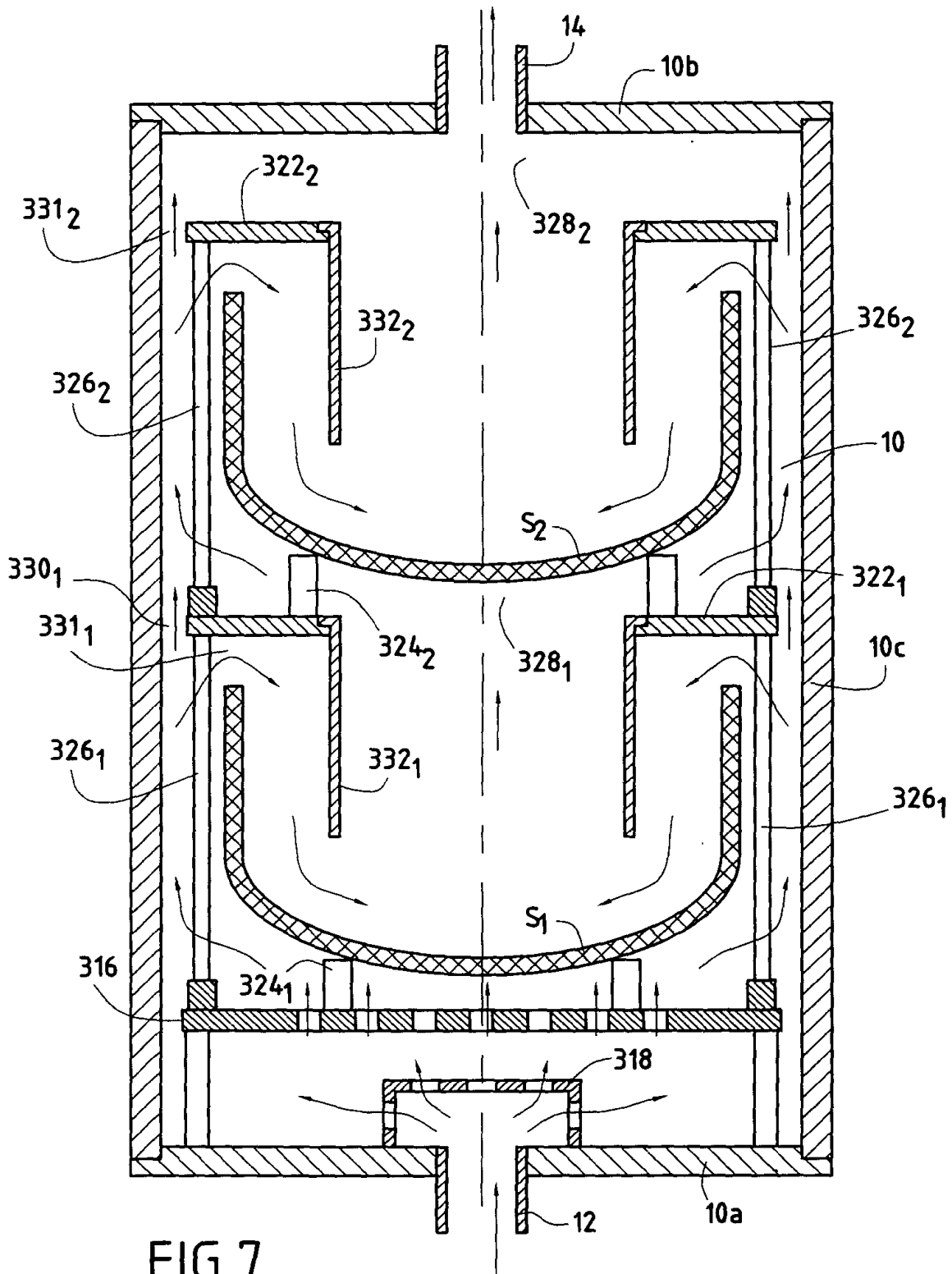


FIG. 7



7/9

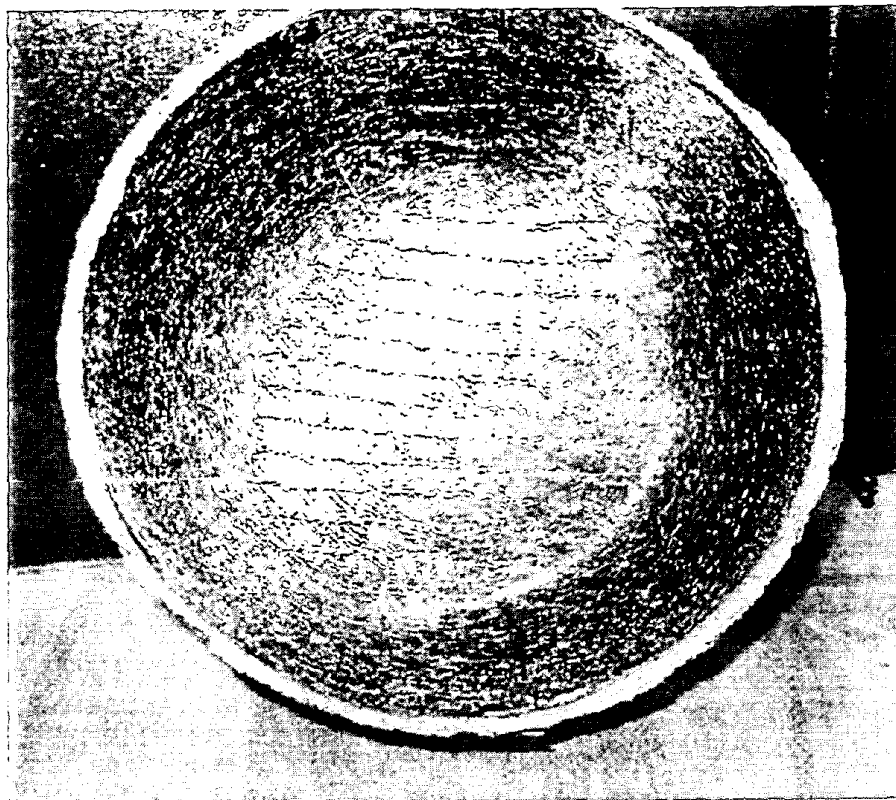


FIG.9

FIG.10



COEUR

x440

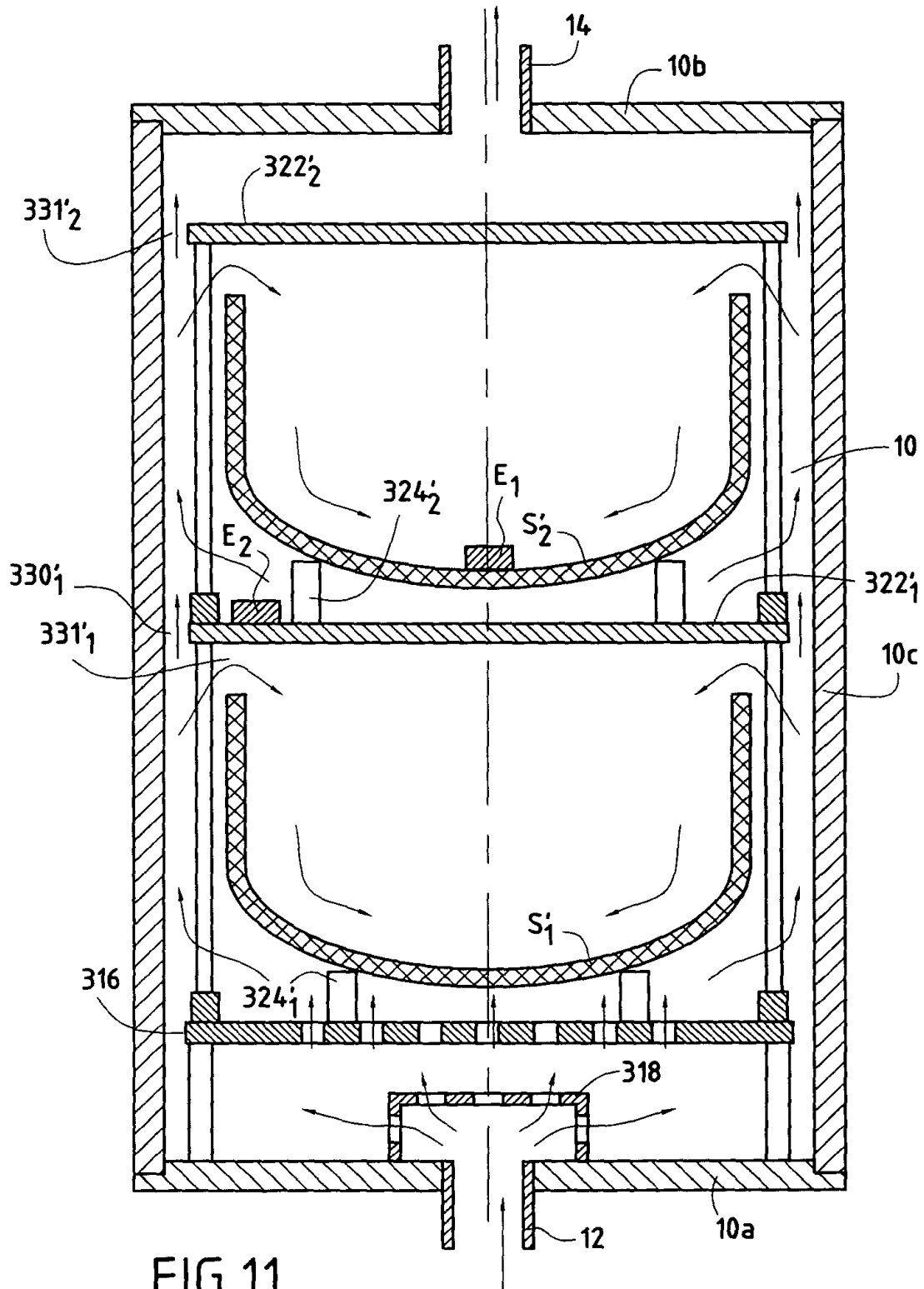


FIG. 11



FIG.12

FIG.13

